



HAL
open science

Chaînage des procédés de nitruration et rectification d'une piste de roulement à billes en acier 32CrMoV13

Alexis van Robaeys, Nicolas Himbert, Eric Feulvarch, Jean-Michel Bergheau,
Hedi Hamdi

► **To cite this version:**

Alexis van Robaeys, Nicolas Himbert, Eric Feulvarch, Jean-Michel Bergheau, Hedi Hamdi. Chaînage des procédés de nitruration et rectification d'une piste de roulement à billes en acier 32CrMoV13. 12e Colloque national en calcul des structures, CSMA, May 2015, Giens, France. hal-01516456

HAL Id: hal-01516456

<https://hal.science/hal-01516456>

Submitted on 1 May 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Public Domain

Chaînage des procédés de nitruration et rectification d'une piste de roulement à billes en acier 32CrMoV13

A. Van Robaeys^{1,2}, N.Himbert¹, E. Feulvarch², J.M. Bergheau², H.Hamdi²

¹ Airbus Helicopters, Aéroport Marseille-Provence, 13725 Marignane

² Université de Lyon, ENISE, LTDS, UMR5513 CNRS, 58 Rue Jean Parot, 42023 Saint-Etienne

Résumé — Dans l'industrie aéronautique, les pistes de roulement à billes des éléments de transmission sont nitrurées pour leur conférer une dureté élevée et un état de contraintes résiduelles de compression. Elles sont ensuite rectifiées pour obtenir les dimensions et la rugosité propices à leur bon fonctionnement.

La rectification des pistes doit garantir de ne pas détériorer l'état de contraintes résiduelles obtenu par nitruration. Afin d'étudier l'impact des conditions de rectification, un chaînage des deux procédés a été réalisé dans SYSWELD.

Mots clés — chaînage, nitruration, rectification, 32CrMoV13.

1 Introduction

La durée de vie en fonctionnement des pistes de roulement est une donnée qui doit être parfaitement maîtrisée dans l'industrie aéronautique. Elle dictée par la qualité de sa surface et sous-surface. Les moyens de production de ces pièces doivent garantir une haute qualité sur des critères de forme, de rugosité, de défauts ponctuels, mais aussi sur le profil de contraintes résiduelles sous les surfaces fonctionnelles. Les contraintes de compression sont recherchées, car celles-ci sont un excellent frein à la propagation de fissures.

De nombreux procédés sont utilisés pour la fabrication de ces pièces. Les plus critiques pour les critères de contrôle sont les dernières de la chaîne : la nitruration et la rectification. La nitruration augmente la dureté en surface et fournit profil de contraintes résiduelles de compression aux 500 premiers micromètres sous la surface [1]. Après ce traitement, les pistes doivent être rectifiées pour corriger le gonflement induit, ainsi que respecter les tolérances géométriques et de rugosité. De par les forts échauffements présents à l'interface outil/pièce lors de la rectification, il est nécessaire de contrôler et prédire les altérations possibles sur l'état de contraintes de nitruration [2][3].

Un chaînage des procédés a été mis en place dans SYSWELD afin de prédire l'influence de la rectification.

2 Stratégie de chaînage

Le maillage utilisé pour l'étude est obtenu par une série de simplifications géométriques dues aux symétries de la piste (figure 1). Il est raffiné sous la piste, où les gradients de propriétés sont importants.

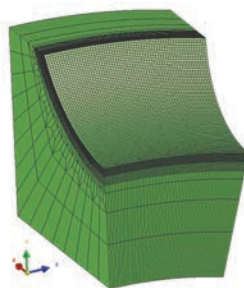


FIGURE 1 – Maillage de la piste de roulement à billes

2.1 Nitruration

Un profil de contraintes résiduelles de nitruration a été déterminé de façon expérimentale grâce à une série de mesures par diffraction de rayons X. L'état de contraintes est injecté au maillage à l'aide d'une routine qui calcule la profondeur de chaque maille par rapport à la surface la piste, puis y affecte une déformation isotrope correspondant à l'interpolation sur le profil expérimental (figure 2).

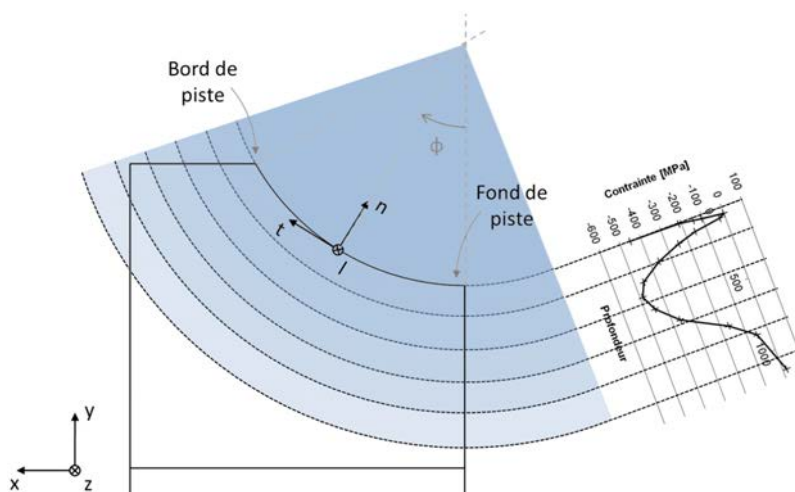


FIGURE 2 – Principe d'interpolation du profil de contraintes de nitruration

Une comparaison du profil numérique résultant de l'injection avec le profil expérimental injecté montre une fidélité suffisante pour son utilisation en tant qu'état initial de rectification (figure 3).

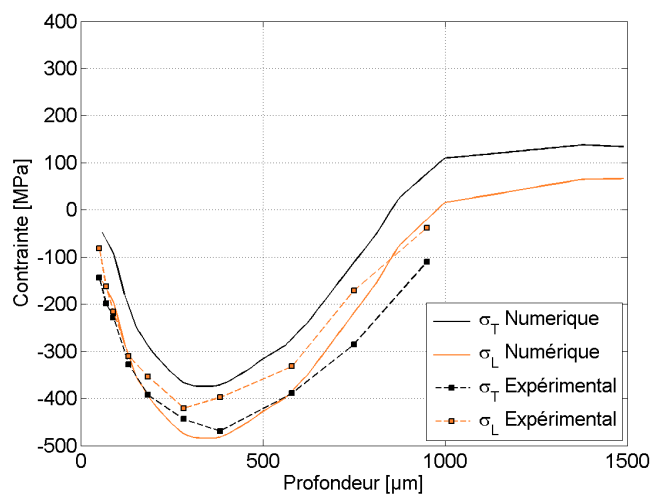


FIGURE 3 – Comparaison des contraintes de nitruration expérimentales et numériques

2.2 Rectification

Le modèle de rectification utilise un chargement mobile thermique, équivalent à l'action de l'outil sur la pièce. La densité de flux de chaleur injecté à la piste est répartie sous la forme d'un triangle rectangle dans la direction longitudinale de la piste [4] (figure 4). Sa largeur est dictée par la largeur de contact meule/pièce, et sa hauteur Q_{max} est pilotée de façon manuelle.

Lors d'une rectification dans des conditions opératoires défavorables, une alteration du profil de contraintes résiduelles a lieu. Il est possible, en réglant dans le modèle la densité de flux thermique fourni à la pièce, de reproduire cette modification de façon numérique. Un essai avec des paramètres machine qui favorisent la mise en traction de la surface a été réalisé (table 1). Un profil de contraintes résiduelles en fond de piste a été relevé, puis une simulations de rectification dans des conditions équivalentes sur la

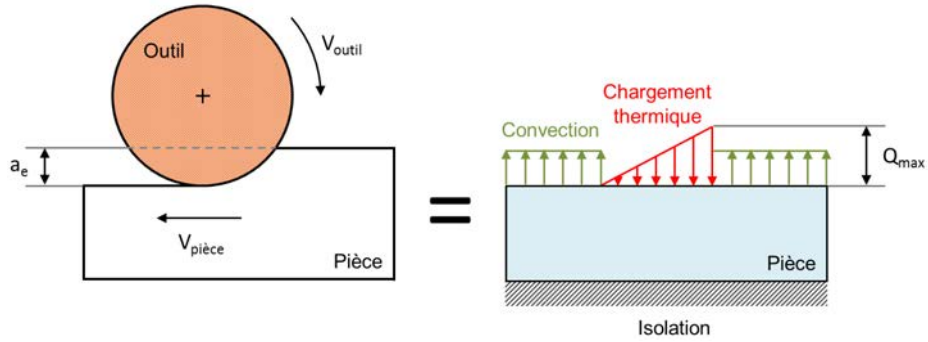


FIGURE 4 – Comparaison des contraintes de nitruration expérimentales set numériques

pièce nitrurée a été effectuée. Le flux thermique qui donne la meilleure reproduction de l'état final dans ce cas a une valeur maximale Q_{max} de $188W.mm^{-2}$ (figure 5).

TABLE 1 – Conditions opératoires de rectification défavorables

Paramètre	Vitesse pièce V_s [m/s]	Vitesse outil V_w [m/s]	Profondeur de passe a_e [mm]
Valeur	0.18	35	0.017

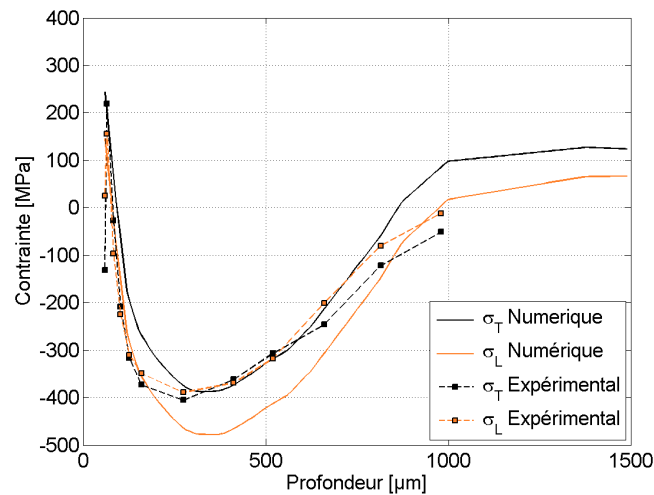


FIGURE 5 – Comparaison des contraintes expérimentales et numériques après rectification

3 Conclusions

Le chaînage de procédés permet, dans le cas de la rectification de pistes de roulements à billes nitrurées, d'étudier l'impact des conditions d'abrasion sur l'état de contraintes résiduelles de nitruration. L'utilisation d'un état initial représentatif est crucial dans la prédiction des effets induits par la rectification. La reproduction du profil expérimental est fidèle sur toute la profondeur, prenant en compte l'interaction des deux procédés. Grâce à de multiples points d'essai dans diverses conditions, il est alors possible d'établir une carte prédictive du flux thermique entrant dans la pièce en fonction des conditions opératoires, et s'assurer de l'utilisation de conditions sûres lors de la production d'éléments de transmission de puissance.

Références

- [1] S. Jegou, L. Barrallier, R. Kubler, M.A.J. Somers. *Evolution of residual stress in the diffusion zone of a model Fe-Cr-C alloy during nitriding*, Journal of heat treatment and materials, pp135-142, 2011.
- [2] H. Hamdi and H. Zahouani and J.M. Bergheau. *Residual stresses computation in a grinding process*, Journal of materials processing technology, 2004.
- [3] A. Brosse, H. Hamdi, J.M. Bergheau. *Residual stresses prediction with a new thermo mechanical simulation of grinding*, International journal of material forming, pp1319-1322, 2008.
- [4] D.A. Doman, A. Warkentin, R. Bauer. *Finite element modeling approaches in grinding*, International journal of machine tools and manufacture, pp109-116, 2008.